

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

10664690
12.08.03

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07199006 A**

(43) Date of publication of application: **04.08.95**

(51) Int. Cl

G02B 6/42
G02B 6/32
H01L 31/0232
H01S 3/18

(21) Application number: **06001107**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(22) Date of filing: **11.01.94**

(72) Inventor: **KATO TAKESHI**

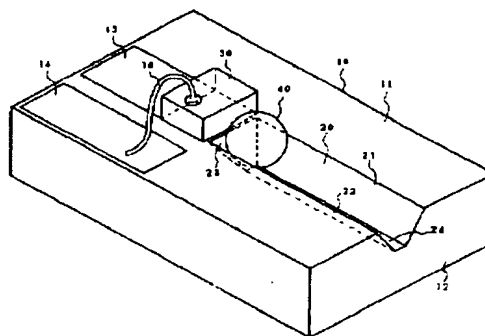
(54) OPTICAL SUBASSEMBLY AND OPTICAL MODULE

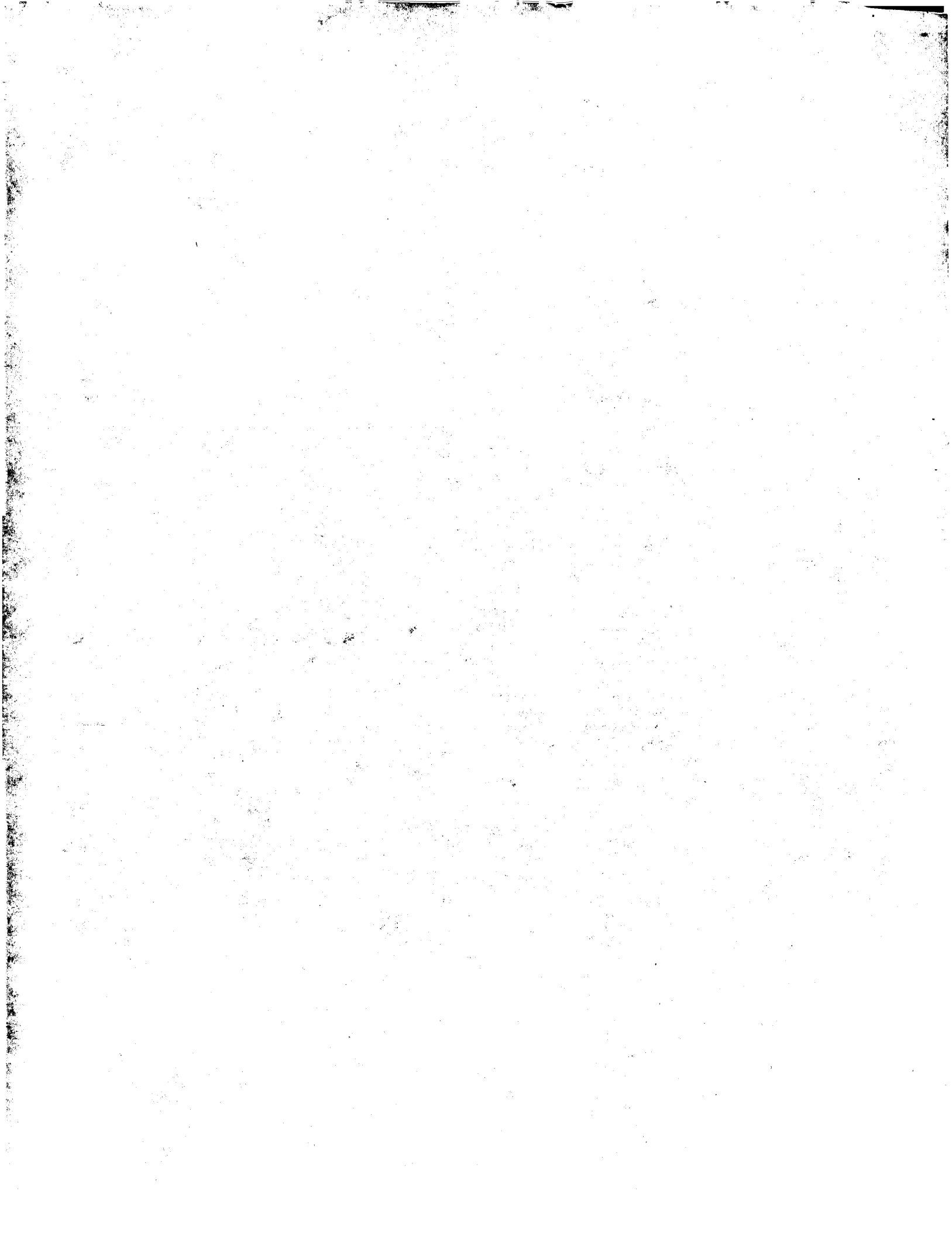
(57) Abstract:

PURPOSE: To provide an optical subassembly and optical module which are reduced in assembly cost and improved in package density.

CONSTITUTION: The optical subassembly consists of a silicon wiring board 10 which has a surface azimuth and three surfaces 21, 22, and 23, and has a groove 20 which reaches a flank 12 from a specific position on the top surface 11, the optical element 30 which is mounted nearby the specific position, and an optical axis which is parallel to the groove. The optical element 30 is therefore mounted on the wiring board 10 on the basis of the groove 20 machined by crystal anisotropic etching. Consequently, the optical axis need not be aligned while the optical element 30 is placed in operation, and the assembly cost is reducible.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO





(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 7-199006

(43)公開日 平成 7 年 (1995) 8 月 4 日

(51)Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G02B 6/42

6/32

H01L 31/0232

H01S 3/18

7630-4M

H01L 31/02

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平 6-1107
(22)出願日 平成 6 年 (1994) 1 月 11 日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地
(72)発明者 加藤 猛
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 光サブアセンブリ及び光モジュール

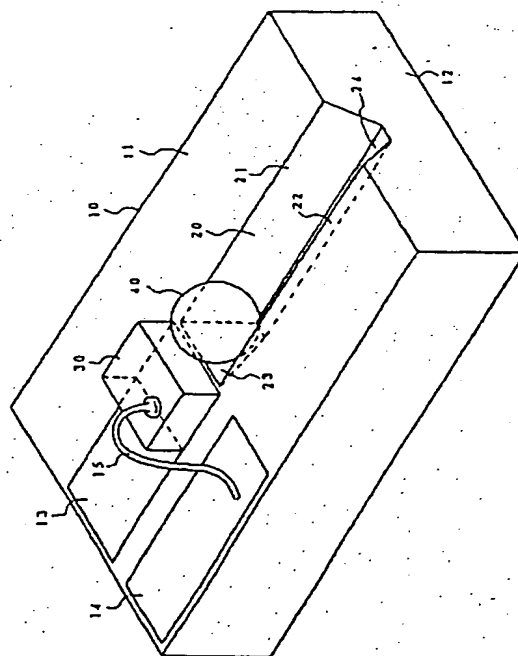
(57)【要約】

【目的】 組立コストを低減し、かつ実装密度を向上した光サブアセンブリ及び光モジュールを提供する。

【構成】 光サブアセンブリは、面方位〈100〉のシリコン配線基板 10 と、〈111〉面 21, 22, 23 から成り、表面 11 の所定位置から側面 12 へ達する〈110〉方向の溝 20 と、所定位置の近傍に載置される光素子 30 と、溝に平行な光軸とを有する。

【効果】 光素子は、結晶異方性エッチングにより加工された溝を基準にして配線基板上に載置される。したがって、光素子を動作させて光軸合わせを行う必要がなく、組立コストを低減することができる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】面方位〈100〉のシリコン結晶から成る配線基板と、三つの〈111〉面から成り、前記配線基板の表面の所定位置から側面へ達する〈110〉方向の溝と、前記所定位置の近傍に載置される光素子と、前記溝に平行な光軸とを有することを特徴とする光サブアセンブリ。

【請求項2】請求項1において、前記三つの〈111〉面に接するボールレンズを有する光サブアセンブリ。

【請求項3】請求項2において、端面発光型レーザダイオードから成り、前記配線基板ヘジャンクションダウン形式により載置される光素子を有する光サブアセンブリ。

【請求項4】請求項1において、前記三つの〈111〉面のうち一つの〈111〉面により反射される光軸を有する光サブアセンブリ。

【請求項5】請求項4において、裏面入射型ホットダイオードから成り、前記配線基板ヘジャンクションアップ形式により載置される光素子を有する光サブアセンブリ。

【請求項6】光学窓を有するパッケージと、面方位〈100〉のシリコン結晶から成り、前記光学窓に側面を接して前記パッケージに搭載される配線基板と、三つの〈111〉面から成り、前記配線基板の表面の所定位置から前記側面へ達する〈110〉方向の溝と、前記所定位置の近傍に載置される光素子と、前記溝に平行な光軸とを有することを特徴とする光モジュール。

【請求項7】請求項6において、前記光学窓の周辺の前記パッケージの外面に堅固に固定され、前記光素子と光ファイバとを結合する光ファイバコネクタレセプタクルを有する光モジュール。

【請求項8】請求項7において、前記レセプタクルに接続される光ファイバコネクタプラグの端面にプレーナレンズを有する光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光素子と配線基板から成る光サブアセンブリ、及びこれをパッケージングした光モジュールに係り、特に、多数の光素子を用いる光インタコネクション技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、例えば、光インタコネクションに用いられる光サブアセンブリと光モジュールとして、アイ・イー・イー・イー トランザクションズ オン コンポーネンツ、ハイブリッド、アンド マニファクチャリング テクノロジー、第16巻、第1号、1993年、第89頁から第94頁 (IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, vol. 16, no. 1, 1993, pp. 89-94)、またはプロシーディングス

オブ 43 エレクトロニック コンポーネンツ アンド テクノロジー コンファレンス、1993年、第

795頁から第801頁 (Proceedings of 43rd Electronic Components and Technology Conference, 1993, pp. 795-801) に記載のものが知られている。

【0003】前者の文献の光サブアセンブリは、レーザダイオードアレイとシリコン製サブマウント (配線基板)、またはホットダイオードアレイとガラス製サブマウント (配線基板) から成る。光素子はサブマウントに半田固定されている。光モジュールは、光サブアセンブリとパッケージとビッグテイル光ファイバリボンから成る (通常、ビッグテイル型モジュールと呼ばれる)。リボンを構成するファイバは、シリコン製V溝基板により配列され、ファイバアレイとしてバット (突合せ) または先端レンズにより光素子に結合されている。光サブアセンブリとファイバアレイは、光軸合わせの後、パッケージに搭載される。パッケージは半田により気密封止されている。パッケージ外部では、ビッグテイルの先端にファイバコネクタが取り付けられている。

【0004】後者の文献の光サブアセンブリは、レーザダイオードアレイまたはホットダイオードアレイと、シリコン製サブマウント (配線基板) と、シリコン製キャップから成る。光素子は、サブマウントとキャップに挟まれて半田固定されている。光モジュールは、光サブアセンブリとパッケージとビッグテイルファイバリボンから成る。ビッグテイルの一端では、シリコン製V溝基板により配列されたファイバアレイが、光サブアセンブリにガイドピンとねじにより接続され、光素子にバット結合されている。ビッグテイルのもう一端には、ファイバコネクタが取り付けられている。パッケージは気密封止されていない。

30 【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年、多数の光素子と光ファイバケーブルを用いる並列光インタコネクション技術が注目されている。この技術は、電気同軸ケーブルに比べて、高速または長距離のデータ転送と高密度の信号配線を行える利点がある。但し、同軸ケーブルでは送受信端にコネクタだけが取り付けられているが、光インタコネクションでは電気/光変換または光/電気変換を行う光モジュールと光ファイバコネクタを取り付ける必要がある。したがって、光モジュールとファイバコネクタの高密度実装と低コスト製造が重要な課題になっている。

40 【0006】従来技術では、光モジュールにビッグテイルファイバが付随しており、ビッグテイルの先端にファイバコネクタが取り付けられている。これらを実装する場合には、モジュールとコネクタの実装面積に加えてビッグテイルの敷設面積が余分に必要になる。すなわち、ビッグテイルが高密度実装の妨げになっている。

50 【0007】実装密度を向上させるには、ビッグテイルファイバを除去してモジュールとコネクタを一体化することが有利である。このようなモジュールは、パッケージ

にコネクタのレセプタクル（雌側）が直接取り付けられるので、レセプタクル型モジュールと呼ばれる。従来技術のうち後者の文献には、将来計画としてレセプタクル型モジュールの外観概念図が描かれている。しかし、詳細な構造は明らかにされていない。

〔0008〕レセプタクル型モジュールでは、レセプタクルはパッケージ外部に取り付けられ、光素子は信頼性を確保するためにパッケージ内部に気密封止される。ピグテイル型のようにファイバをパッケージ内部に導入して、光素子に近接させることはできない。パッケージに封止固定される光学窓（ガラス板）は、通常0.2mm以上の厚みを有している。従来技術では、光結合方式としてバット方式または先球レンズ方式を採用しているが、光素子とファイバ間の距離が数10ミクロン以上離れる場合には結合損失が極端に増大してしまう。したがって、従来技術の結合方式は、レセプタクル型モジュールに適していない。

〔0009〕レセプタクル型において低損失光結合を行うためには、光素子とファイバとは別個のレンズ光学系を採用する必要がある。但し、従来技術のバット結合または先球レンズ結合では光素子とファイバとの位置合わせだけを行えばよいのに対して、レンズ光学系では光素子とレンズ、及びレンズとファイバの光軸合わせを行う必要がある。すなわち、従来より光軸合わせ箇所が増えるので、モジュール組立コストが増大してしまう可能性がある。したがって、レンズ光学系の光軸合わせを簡略化することが課題である。

〔0010〕なお、レセプタクルには、ファイバコネクタのプラグ（雄側）が直接着脱されるので、機械的応力に対する配慮が必要である。また、パッケージ外部に固定されるので、温度や湿度に対する耐環境性に対する配慮も必要になる。

〔0011〕本発明の主な目的は、高密度かつ低コストの実装と、低損失な光結合を実現する光サブアセンブリ及び光モジュールを提供することにある。

〔0012〕

〔課題を解決するための手段〕上記目的を達成するため、本発明による基本的な光サブアセンブリは、面方位〈100〉のシリコン配線基板に、三つの〈111〉面から成り、基板表面の所定位置から側面へ達する〈110〉方向の溝を設け、光素子を所定位置の近傍に載置し、溝に平行な光軸を備えたものである。

〔0013〕また、上記サブアセンブリにおいて、三つの〈111〉面に接するボールレンズを設けたものである。

〔0014〕さらに、サブアセンブリにおいて、端面発光型レーザダイオードから成る光素子を、配線基板ヘンクッションダウン形式で載置したものである。

〔0015〕また、基本的サブアセンブリにおいて、三つの〈111〉面のうちの一つの〈111〉面により光

軸を反射したものである。

〔0016〕さらに、サブアセンブリにおいて、裏面入射型ホトダイオードから成る光素子を、配線基板ヘンクッションアップ形式で載置したものである。

〔0017〕本発明による光モジュールは、光学窓に側面を接した状態で面方位〈100〉のシリコン配線基板をパッケージに搭載し、この基板には三つの〈111〉面から成り、基板表面の所定位置から側面へ達する〈110〉方向の溝を設け、光素子を所定位置の近傍に載置し、溝に平行な光軸を備えたものである。

〔0018〕また、上記モジュールにおいて、光ファイバコネクタレセプタクルを光学窓周辺のパッケージ外面に堅固に固定し、光素子に光ファイバを結合させたものである。

〔0019〕さらに、上記モジュールにおいて、レセプタクルに接続される光ファイバコネクタプラグの端面にプレーナレンズを設けたものである。

〔0020〕

〔作用〕本発明による光サブアセンブリでは、シリコン配線基板の〈100〉表面から側面にかけて〈110〉方向の溝が加工される。溝を成す三つの〈111〉面の加工は、結晶異方性エッチングによりサブミクロン精度で行われる。この溝を位置決めマークとして、光素子のボンディングパッドと配線が基板上にホトリソグラフィにより形成される。その後、光素子がパッド上に載置され、固定される。溝に対する光素子の位置は、ほぼリソグラフィ精度とボンディング精度で決まる。リソグラフィは、通常の半導体プロセスで行われているようにサブミクロン精度で行われる。ボンディングは、装置（顕微鏡、ステージ等）の分解能を上げることにより容易にミクロン以下の精度で行われる。したがって、このサブアセンブリでは、光素子と溝とがミクロンまたはそれ以下の精度で位置決めされる。光軸合わせは実質的に省略され、光素子を動作させて位置を捜す必要がなくなる。光素子の出射光または入射光は、溝の中及びその周辺を伝播し、基板側面を通過する。

〔0021〕ボールレンズを設けたサブアセンブリでは、三つの〈111〉面から成る溝によりレンズが保持される。レンズにより光素子の出射光のコリメート、または入射光のフォーカスが行われる。溝に対するレンズの位置は、レンズ自身の形状精度で決まる。光素子に対するレンズの位置は、レンズの形状精度と上記のリソグラフィ／ボンディング精度で決まる。ボールレンズの研磨加工は他の形状のレンズに比べて行い易いので、量産が容易であり、直径、真球度ともに1ミクロン以下の精度が得られる。したがって、光素子とレンズとの光軸合わせを行う必要はない。

〔0022〕端面発光型レーザダイオードを用いたサブアセンブリでは、レーザのpnジャンクション側の電極を下、半導体基板側の電極を上にして、シリコン配線基

板の上にレーザが半田固定される。共振器端面におけるレーザのスポットサイズは通常1ミクロン程度である。配線基板の表面からスポットまでの高さは、半田層の厚さと、ジャンクション側電極から活性層までの厚さにより決まる。半田層は蒸着により配線基板に形成される。活性層までの厚さは、半導体基板上にエピタキシャル結晶成長を行うときに制御される。したがって、配線基板の表面に対する光軸の高さはサブミクロン精度で決まる。なお、半導体基板は、レーザチップを劈開する前に100ミクロン程度の厚さになるように研磨される。基板側の電極からスポットまでの高さには通常10 μ m程度のばらつきがある。したがって、ジャンクションアップ形式でレーザを配線基板上に固定した場合には、本発明のようにジャンクションダウン形式で固定した場合と異なり、光軸がずれてしまうことになる。

【0023】溝により光軸を反射させるサブアセンブリでは、三つの<111>面のうち二つの面は光軸の<110>方向に平行であるから、残りの<111>面が光軸を反射する。配線基板の<100>表面に対して、<111>面は約55度の角度で交わっており、反射された光軸は約71度傾く。したがって、面発光/面受光型光素子を配線基板に垂直に立てて載置する必要はなく、配線基板の表面に平行に搭載した状態で光素子の活性領域に光軸がつながる。溝に対する光素子の位置はリソグラフィ/ボンディング精度で決まり、光素子を動作させて光軸合わせを行う必要はない。

【0024】面受光型の裏面入射型ホトダイオードを用いたサブアセンブリでは、ホトダイオードのpnジャンクション側を上、半導体基板側(裏面側)を下にして、シリコン配線基板の上にホトダイオードが固定される。<111>面により反射された光軸は、半導体基板を通してホトダイオードの受光面のほぼ中心にくる。受光面の直径は、通常、数10ミクロン以上あり、溝に対するホトダイオードの位置はリソグラフィとボンディングによりミクロン以下の精度で決まる。したがって、光軸合わせを行う必要はない。半導体基板の厚さは、通常、数100ミクロンであり、10 μ m程度のばらつきがあるが、光軸方向の位置ずれに対するトレランスは大きいので支障はない。

【0025】本発明による光モジュールでは、光サブアセンブリのシリコン配線基板の側面が光学窓に接しており、光軸は光学窓に垂直になる。光軸方向に関して、パッケージ外側の光学窓表面に対する光素子の位置は、配線基板のサイズ(溝の長さ)と光学窓の厚さの精度で決まる。配線基板は、ダイシングソーによりシリコンウエハから10ミクロン以下の精度で切り出される。光学窓の厚さは、通常、数100ミクロンであり、精度は約10ミクロンである。したがって、このモジュールでは、光学窓の外側に対して光素子の位置が10ミクロンオーダーの精度で決まる。光軸方向の精度としては十分であ

る。配線基板の側面を光学窓に押し当てて光サブアセンブリをパッケージに搭載するだけで、特別な位置調整を行う必要はない。

【0026】光ファイバコネクタレセプタクルを設けたモジュールでは、サブアセンブリを内蔵したパッケージを気密封止した後、光素子と光ファイバが結合するように光軸合わせを行い、レセプタクルをパッケージ外面にYAGレーザ溶接により堅固に固定する。パッケージとレセプタクルは一体化されており、ファイバコネクタプラグが直接モジュールに接続される。レセプタクル型モジュールの実装では、ビッグテイル型モジュールのようにビッグテイルファイバの敷設面積を必要としない。また、パッケージ内部の組立では光軸合わせを行わないので、モジュール組立に必要な光軸合わせは1回だけで済む。サブアセンブリに対するファイバの光軸の位置はレーザ溶接により決まる。通常、溶接は10ミクロン以下の精度で行われる。溶接では、半田のようなクリープ変形、熱疲労、樹脂のような変質、膨潤等が生じない。レセプタクルにプラグを着脱するときの応力、温度、湿度等に対する信頼性が確保され、長期的に安定に光軸が維持される。

【0027】プレーナレンズには、ガラス基板の表面からドーパントを拡散させて、屈折率分布が形成されている。ファイバ端面の画像またはファイバ端面からの出射光に対して位置合わせを行った後、レンズをプラグの端面に数ミクロン以下の精度で固定する。レンズ付きファイバでは、サブアセンブリに対する位置のトレランスが拡大される。したがって、レセプタクルをパッケージに溶接したときの位置ずれによる過剰結合損失が抑制される。

【0028】

【実施例】図1は本発明による第一実施例の光サブアセンブリの斜視図、図2は部分断面図である。第一実施例の光サブアセンブリは、面方位<100>のシリコン結晶から成る配線基板10と、三つの<111>面21, 22, 23と<100>面24から成り、配線基板10の表面11の所定位置から側面12へ達する<110>方向の溝20と、所定位置の近傍に載置される光素子30と、三つの<111>面21, 22, 23に接するボールレンズ40と、溝20に平行光軸50とを有している。

【0029】溝20の三つの<111>面21, 22, 23は、化学気相堆積による窒化シリコン(Si₃N₄)マスクを用いて、<100>シリコン基板10を水酸化カリウム(KOH)溶液中で異方性エッチングすることにより加工されている。溝20の幅は235 μ mであり、<111>面21, 22, 23は<100>表面11に対して54.7度傾いている。溝20の幅及び深さに関する加工精度は $\pm 0.5\mu$ mである。

【0030】基板10に形成された配線(ボンディング

パッド) 13, 14はチタン/ニッケル/金(Ti/Ni/Au)から成り、溝20を位置決めマークとしてホトリソグラフィにより $\pm 0.5 \mu\text{m}$ の精度でパターンニングされている。配線13の光素子が搭載される位置には金/錫(Au/Sn)共晶半田が $3 \pm 0.2 \mu\text{m}$ の厚さで蒸着されている。

【0031】基板10は、溝20の加工と配線13, 14の形成が終了したシリコン結晶ウエハから、ダイシングソーにより溝20を位置基準として所定のサイズで切り出される。基板10の側面12はこのとき同時に研磨される。ダイシングソーの加工精度すなわち溝20の長さの精度は $\pm 5 \mu\text{m}$ である。

【0032】光素子30は端面発光型レーザダイオードから成り、InP半導体基板上にエピタキシャル結晶成長によりInGaAsP活性層31が形成されている。発振波長は $1.3 \mu\text{m}$ 、ファーフールドパターンの半値全角は 30° (活性層31に平行) $\times 40^\circ$ (垂直)である。活性層31からジャンクション側の電極までの高さは $4 \pm 0.2 \mu\text{m}$ である。光素子30はジャンクション側の電極を下に向けてジャンクションダウン形式で配線13の上にダイボンディングされている。InP基板側の電極は、配線14に金(Au)ワイヤによりボンディングされている。

【0033】ダイボンディングでは、光素子30を真空チャックにより保持し、面23のエッジから $8 \mu\text{m}$ 離れて溝20の中心に位置するようにモニタカメラ付き顕微鏡と微動ステージにより調節する。その後、ヒータにより配線13の半田を溶融し、光素子30を固定する。顕微鏡とステージの分解能はそれぞれ $0.5 \mu\text{m}$ と $0.1 \mu\text{m}$ である。溝20に対する活性層31の位置の精度は、基板10に平行な方向に関して $\pm 1.5 \mu\text{m}$ 、垂直な方向に関して $\pm 1 \mu\text{m}$ である。

【0034】ボールレンズ40は屈折率1.78の光学ガラスから成る。直径は $0.2 \text{mm} \pm 1 \mu\text{m}$ 、真球度は $0.5 \mu\text{m}$ 、焦点距離は $114 \mu\text{m}$ である。レンズ40の表面には無反射コーティングが施されている。溝20の中に予め低融点ガラスを塗布しておき、レンズ40を真空チャックにより保持して三つの<111>面21, 22, 23に押し当てながら、低融点ガラスを加熱により硬化させてレンズ40を固定する。溝20に対するレンズ40の位置の精度は $\pm 1.5 \mu\text{m}$ である。

【0035】光学系では、光素子30の出射端面とレンズ40の主面との距離が $126 \mu\text{m}$ に設定されており、像倍率は9.7である。光素子30の出射光は、溝20の中及び上側を伝播し、側面12を抜け、レンズ40の主面から 1.2mm の位置にフォーカスされる。光学設計値に対する光素子30とレンズ40間の相対的な位置ずれは、光軸50及び基板10に平行な方向に関して $\pm 3 \mu\text{m}$ 、光軸50に垂直かつ基板10に平行な方向に関して $\pm 3 \mu\text{m}$ 、光軸50及び基板10に垂直な方向に関し

て $\pm 2.5 \mu\text{m}$ に抑えられている。これらの値はレンズ40のサイズに対して十分小さいから、収差とパワーロスの小さいフォーカシングが行われる。

【0036】第一実施例によれば、光素子30及びレンズ40を配線基板10に載置するとき、光素子30を動作させて位置合わせを行う必要がない。すなわち、光素子30とレンズ40との光軸合わせを実質的に省略することができ、光サブアセンブリの組立コストを低減することができる。

【0037】図3は本発明による第二実施例の光サブアセンブリの斜視図、図4は部分断面図である。第二実施例の光サブアセンブリは、面方位<100>のシリコン結晶から成る配線基板60と、三つの<111>面71, 72, 73と<100>面74から成り、配線基板60の表面61の所定位置から側面62へ達する<110>方向の溝70と、前記所定位置の近傍に載置される光素子80と、溝70に平行であり、<111>面73により反射される光軸90とを有している。

【0038】溝70の<111>面71, 72, 73と<100>面74は、第1実施例と同様に、結晶異方性エッチングにより加工されている。<111>面73の表面には高反射コーティングが施されている。配線63, 64はホトリソグラフィによりパターンニングされている。配線63の光素子80が搭載される位置には半田が蒸着されている。

【0039】光素子80は裏面入射型ホトダイオードから成り、InP基板上にエピタキシャル成長によりInGaAs活性領域(受光面)81が形成されている。検出波長領域は $1 \mu\text{m}$ 帯、受光面81の直径は $50 \mu\text{m}$ である。InP基板の厚さは $200 \pm 10 \mu\text{m}$ である。InP基板側の表面(受光面81の裏面)には無反射コーティングが施されている。

【0040】光素子80は、溝70に対する受光面81の位置を顕微鏡と微動ステージにより調節した後、InP基板側の電極を下に向けてジャンクションアップ形式で配線63の上にダイボンディングされる。光素子80は溝70の上にオーバーハングしており、受光面81の中心が面73のエッジから約 $100 \mu\text{m}$ の位置にある。ジャンクション側の電極は、ワイヤ65により配線64に接続されている。

【0041】光軸90に沿って基板60の側面62から入射した光は、<111>面73により表面61の方に反射される。このとき光軸90は表面61に対して 70.5° 度傾く。光はさらに光素子80の裏面から入射し、InP基板での屈折により表面61に対して 174.4° 度傾き、受光面81にほぼ垂直に入射する。光軸90に対する受光面81の位置ずれは、基板60に垂直な方向に関して $\pm 10 \mu\text{m}$ 、平行な方向に関して $\pm 1.5 \mu\text{m}$ に抑えられている。前者は光軸90の方向の位置ずれであり、後者は受光面81のサイズに対して十分

小さいから、ホットダイオードとして支障はない。

【0042】第二実施例によれば、光素子80を配線基板60に載置するとき、光素子80を動作させて光軸合わせを行う必要がなく、光サブアセンブリの組立コストを低減することができる効果がある。

【0043】図5は本発明による第三実施例の光モジュールの上面図、図6は光モジュールの側面図、図7は光モジュールに接続される光ファイバコネクタプラグの斜視図、図8は光ファイバコネクタプラグが接続された状態の光モジュールの部分側面図である。

【0044】第三実施例の光モジュールは、光学窓210を有するパッケージ200と、配線基板110と溝120と光素子130とボールレンズ140から成り、光学窓210に配線基板110の側面を接してパッケージ200に搭載される光サブアセンブリと、光素子130を駆動する半導体素子150と、光サブアセンブリと半導体素子150が接続される配線基板160と、光素子130と光ファイバコネクタプラグ240の光ファイバ251とを結合するための光ファイバコネクタレセプタクル220とを有している。

【0045】第三実施例の光サブアセンブリは、第一実施例と同様に、面方位〈100〉のシリコン結晶から成る配線基板110と、三つの〈111〉面から成り、配線基板110の表面の所定位置から側面へ達する〈110〉方向の溝120と、前記所定位置の近傍に載置される光素子130と、三つの〈111〉面に接するボールレンズ140と、溝120に平行な光軸とを有している。

【0046】光素子130は、10個のレーザダイオードが250 μ mピッチでモノリシックに集積されたレーザダイオードアレイから成る。光素子130に対応して、配線基板110には10本の溝120が同じピッチで加工されており、溝120には10個のボールレンズ140が固定されている。光素子130は、レンズ140と光学窓210を経て、レセプタクル220とプラグ240により10本のファイバ251に結合される。光素子130とレンズ140の光学的配置は、第1実施例と同様である。光軸は配線基板110の側面すなわち光学窓210に垂直である。配線基板110の側面までの溝120の長さは約800 μ m、精度は $\pm 5\mu$ mである。

【0047】シリコン製半導体素子150には、10個のレーザダイオードを独立に駆動する集積回路が形成されている。半導体素子150の入力側電極は、配線基板160とフレーム203を介してリード204に接続されている。出力側電極は、配線基板110を介して光素子130に接続されている。

【0048】配線基板160は、窒化アルミ(AlN)セラミックから成る。基板材料として通常よく使用されるアルミナに比べて、高い熱伝導率と半導体に近い熱膨張係数を有している。配線基板160はパッケージ20

0に鉛/錫(Pb/Sn)共晶半田により固定されている。光サブアセンブリは、光学窓210に側面を接した状態で、同じ半田により配線基板160上に固定されている。半導体素子150は、配線基板160に金/シリコン(Au/Si)ろう材により固定されている。光素子130と半導体素子150が発生した熱は、配線基板160を介してパッケージ200のベース201に放出される。

【0049】パッケージ200はベース201、フレーム202、203、リード204から成り、これらは互いにろう付けされている。ベース201は高熱伝導率を有する銅-タングステン(Cu-W)複合材料から成る。フレーム202とリード204は鉄-ニッケル-コバルト合金(Fe-Ni-Co)から成り、フレーム203は絶縁性のアルミナ(Al₂O₃)セラミックから成る。リッド206はフレーム202と同じ材料から成り、フレーム202にシーム溶接により固定されている。光学窓210は屈折率1.49、厚さ0.3 \pm 0.01mmの光学ガラスから成り、フレーム202に低融点ガラスにより封止固定されている。光学窓210があるフレーム202の側面には、貫通孔205が加工されている。なお、パッケージ200のサイズは、リッド206を含めて長さ11 \times 幅8 \times 高さ5.5mm³である。

【0050】レセプタクル220は鉄-ニッケル-コバルト合金(Fe-Ni-Co)から成り、フレーム202にYAGレーザ溶接により $\pm 10\mu$ mの精度で固定されている。サイズは長さ8 \times 幅7 \times 高さ3.2mm³である。レセプタクル220の中にはソケット230が機械的に嵌め込まれている。ソケット230は精密樹脂成型により加工されており、ガイド孔231と貫通孔232が形成されている。

【0051】プラグ240は、ソケット230と同じく精密樹脂成型により加工されている。先端にはフェルール242が形成されており、ファイバ251が250 μ mピッチで固定されている。ファイバ251は外径125 μ m、コア径50 μ mの屈折率分布型マルチモードファイバから成り、光ファイババリボン250として被覆されている。フェルール242の横にはガイドピン241が固定されている。

【0052】プラグ240とレセプタクル220は、ガイドピン241をガイド孔231に挿入することにより接続される。このとき、フェルール242は貫通孔232、205に挿入され、ファイバ251の端面は光学窓210の表面から100 $\pm 5\mu$ mの位置にくる。レセプタクル220に対するファイバ251の配列精度は $\pm 1\mu$ mである。

【0053】光モジュールの組立では、予め、光サブアセンブリの組立と、半導体素子150の組立を行っておく。半導体素子150を配線基板160に固定し、ワイヤボンディングを行っておく。次に、配線基板160を

パッケージ 200 に固定し、配線基板 110 の側面を光学窓 210 に押し当てながら光サブアセンブリを配線基板 160 に固定する。光サブアセンブリと半導体素子 150、配線基板 160 とフレーム 203 との間にワイヤボンディングを行う。その後、フレーム 202 にリッド 206 をシーム溶接し、パッケージ 200 を気密封止する。最後に、レセプタクル 220 とプラグ 240 を接続した状態で、光素子 130 を動作させてファイバ 251 に結合した光パワーをモニタしながらレセプタクル 220 の位置を調節し、レセプタクル 220 をフレーム 202 に YAG レーザにより溶接する。

【0054】組立後のモジュールでは、レンズ 140 の主面からファイバ 251 の端面までの光路長は 1.2 mm であり、光素子 130 から出射した光はファイバ 251 の端面にフォーカスされる。光サブアセンブリに対するファイバ 251 の位置ずれは、光軸に平行な方向に関して $\pm 20 \mu\text{m}$ 、垂直な方向に関して $\pm 11 \mu\text{m}$ である。光素子 130 とファイバ 251 との結合損失は $5 \pm 1 \text{ dB}$ という低い値に抑えられている。

【0055】第三実施例のレセプタクル型モジュールによれば、光サブアセンブリをパッケージ 200 に搭載するとき、配線基板 110 と光学窓 210 を密着させるだけでよく、光軸合わせ作業を行う必要がない。すなわち、組立コストを低減することができる効果がある。また、モジュールのサイズは $19 \times 8 \times 5.5 \text{ mm}^3$ に小型化されている上、モジュールにプラグ 240 が直接着脱されるので、ビッグテイル型モジュールのようなファイバの敷設面積が不要である。したがって、モジュールの実装密度を向上することができる効果がある。さらに、レセプタクル 220 はパッケージ 200 に溶接により堅固に固定されており、半田や樹脂による固定方法に比べて外部環境に対する信頼性に優れている。

【0056】図 9 は本発明による第四実施例を示す図であり、光コネクタプラグが接続された状態の光モジュールの部分側面図である。第四実施例のパッケージ、レセプタクル等の基本的な構成は第三実施例と同様であるが、光素子 130 とファイバ 251 との間の光学系の構成が異なっている。第三実施例ではボールレンズ 140 により単レンズ光学系が構成されていたのに対して、第四実施例ではボールレンズ 140 とフェルール 242 の先端のプレーナレンズ 260 とにより擬似共焦点光学系が構成されている。

【0057】プレーナレンズ 260 は、ガラス基板を溶融塩中でイオン交換することにより屈折率分布すなわちレンズが形成されている。レンズ 260 の直径と配列ピッチは $250 \mu\text{m}$ 、焦点距離は $600 \mu\text{m}$ である。レンズ 260 は、ファイバ 251 の端面自身または端面からの出射光の像を観察しながら位置合わせを行った後、ファイバ 251 と屈折率が等しい樹脂によりフェルール 242 の端面に $\pm 3 \mu\text{m}$ の精度で固定されている。

【0058】第四実施例の擬似共焦点光学系では、光素子 130 とボールレンズ 140 の主面との距離がボールレンズ 140 の焦点距離にほぼ等しくなるように、光サブアセンブリにおける配線基板 110 への光素子 130 の搭載位置、溝 120 の長さ等が設定されている。また、プレーナレンズ 260 の主面とファイバ 251 の端面との光路長がプレーナレンズ 260 の焦点距離にほぼ等しくなるように、ガラス基板の厚さが設定されている。厚さの精度は $\pm 10 \mu\text{m}$ である。レンズ 260 とファイバ 251 との位置ずれは光軸に平行な方向に関して $\pm 10 \mu\text{m}$ 、垂直な方向に関して $\pm 4 \mu\text{m}$ である。

【0059】光素子 130 からの出射光はボールレンズ 140 を経てほぼ平行光になり、パッケージ 200 の光学窓 210 から出射され、プレーナレンズ 260 によりファイバ 251 の端面にフォーカスされる。光学窓 210 のところでは、スポットサイズが $40 \mu\text{m}$ 程度にまで拡大されている。

【0060】第四実施例のモジュールでは、パッケージ 200 の気密封止までの組立工程は第三実施例と同様である。パッケージ 200 へのレセプタクル 220 のレーザ溶接工程では、第三実施例よりもスポットサイズが拡大されているので、位置ずれに対するトレランスが大きい。したがって、位置ずれによる過剰結合損失が低減され、光素子 130 とファイバ 251 との結合損失として第三実施例よりもさらに低い $4 \pm 0.5 \text{ dB}$ という値が実現されている。

【0061】第四実施例によれば、第三実施例と同様にパッケージ 200 の組立における光軸合わせが省略されている。第三実施例に比べてプレーナレンズ 260 自身のコスト、プレーナレンズ 260 とプラグ 240 との組立コストは増加しているが、プレーナレンズ 260 によりトレランスが拡大されるので、パッケージ 200 とレセプタクル 220 の組立における光軸合わせ作業を軽減し、過剰結合損失を抑制することができる効果がある。

【0062】図 10 は本発明による第五実施例を示す図であり、光コネクタプラグが接続された状態の光モジュールの部分側面図である。第五実施例のパッケージ、レセプタクル等の基本的な構成は第三実施例と同様であるが、光サブアセンブリの構成と、フェルール 242 の先端にプレーナレンズ 270 を設けた点とが異なっている。

【0063】第五実施例の光サブアセンブリは、第二実施例と同様に、面方位 $\langle 100 \rangle$ のシリコン結晶から成る配線基板 310 と、三つの $\langle 111 \rangle$ 面から成り、配線基板 310 の表面の所定位置から側面へ達する $\langle 110 \rangle$ 方向の溝 320 と、所定位置の近傍に載置される光素子 330 と、溝 320 に平行であり、 $\langle 111 \rangle$ 面により反射される光軸とを有している。

【0064】光素子 330 は、10 個のホトダイオードが $250 \mu\text{m}$ ピッチでモノリシックに集積されたホトダ

イオードアレイから成る。光素子 330 に対応して、配線基板 310 には 10 本の溝 320 が同じピッチで加工されており、プレーナレンズ 270 には 10 個のレンズが形成されている。プレーナレンズ 270 の直径、配列ピッチ、焦点距離は第四実施例のレンズ 260 と同様である。

【0065】第五実施例の光学系では、ファイバ 251 から光素子 330 への像倍率がほぼ 2 倍に等しくなるように、レンズ 270 のガラス基板の厚さ、光サブアセンブリの溝 320 の長さ等が設定されている。10 本のファイバ 251 から出射された光は、それぞれレンズ 270 と光学窓 210 を経て光素子 330 の受光面にフォーカスされ、半導体素子 350 に形成された集積回路により電気信号に変換される。

【0066】モジュールの組立は第三実施例とほぼ同様に行われる。異なる点は、レンズ 270 が取り付けられたプラグ 240 をレセプタクル 220 に接続した状態で、光素子 330 を動作させて受光パワーが最大になるようにレセプタクル 220 の位置を調節し、レセプタクル 220 をフレーム 202 にレーザ溶接することである。レンズ 270 付きファイバ 251 と光サブアセンブリとの位置ずれは、光軸に平行な方向に関して $\pm 20 \mu\text{m}$ 、垂直な方向に関して $\pm 10 \mu\text{m}$ である。ファイバ 251 と光素子 330 の結合損失は $3 \pm 0.5 \text{ dB}$ という低い値に抑えられている。

【0067】第五実施例によれば、光検出素子を搭載したレセプタクル型受信モジュールを簡便な組立工程により製作することができる。第三実施例または第四実施例に示したような発光素子を搭載したレセプタクル型送信モジュールと共通のパッケージ 200 やレセプタクル 220 が使用されており、部品コストが軽減される。受信モジュールのサイズは送信モジュールと同じく小型であり、実装密度を向上することができる。

【0068】なお、本実施例の効果は光サブアセンブリまたは光モジュールの構成により発揮されるものであって、実施例に示した光素子や光学系の設計により制限を受けるものではない。本発明は、レセプタクル型モジュール

を用いる光インタコネクションに限らず、光素子を配線基板に搭載する光サブアセンブリ及びこれを用いた光モジュールにおいて広く適用され得る。

【0069】

【発明の効果】本発明によれば、光サブアセンブリ及びレセプタクル型光送受信モジュールの光軸合わせを簡略化し、組立コストを低減することができる。また、レセプタクル型モジュールは、ビッグテイル型に比べて小型であり、ビッグテイルファイバの敷設面積も不要であるから、実装密度を向上することができる。したがって、本発明の光サブアセンブリを搭載した送受信モジュールを用いることにより、高密度かつ低コストの並列光インタコネクションを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一実施例の光サブアセンブリの斜視図。

【図 2】本発明の第一実施例の光サブアセンブリの部分断面図。

【図 3】本発明の第二実施例の光サブアセンブリの斜視図。

【図 4】本発明の第二実施例の光サブアセンブリの部分断面図。

【図 5】本発明の第三実施例の光モジュールの上面図。

【図 6】本発明の第三実施例の光モジュールの側面図。

【図 7】本発明の第三実施例の光モジュールに接続される光ファイバコネクタプラグの斜視図。

【図 8】光ファイバコネクタプラグが接続された状態の本発明の第三実施例の光モジュールの部分側面図。

【図 9】光ファイバコネクタプラグが接続された状態の本発明の第四実施例の光モジュールの部分側面図。

【図 10】光ファイバコネクタプラグが接続された状態の本発明の第五実施例の光モジュールの部分側面図。

【符号の説明】

10…配線基板、11…表面、12…側面、13、14…配線、20…溝、30…光素子、40…ボールレンズ、50…光軸。

【図 6】

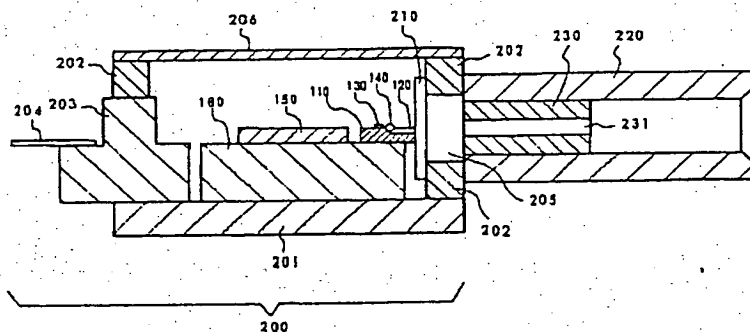
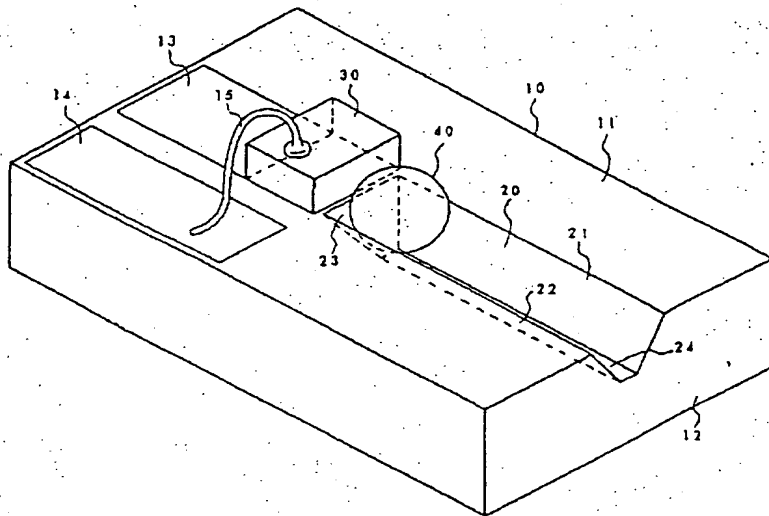


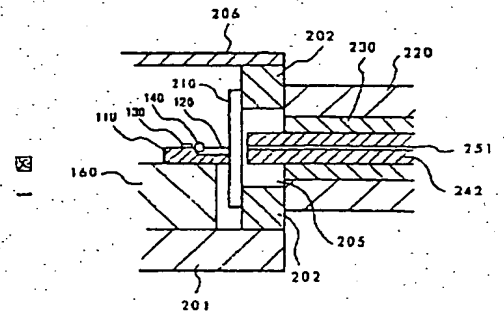
図 6

[図1]

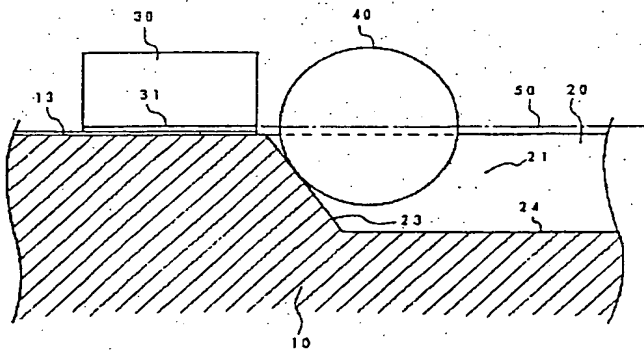


[図8]

図 8

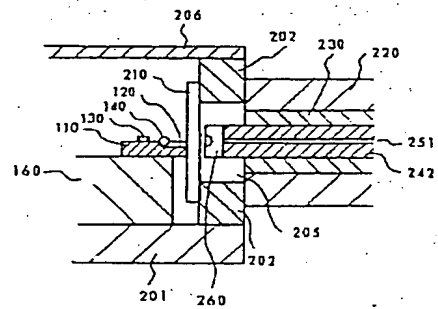


[図2]

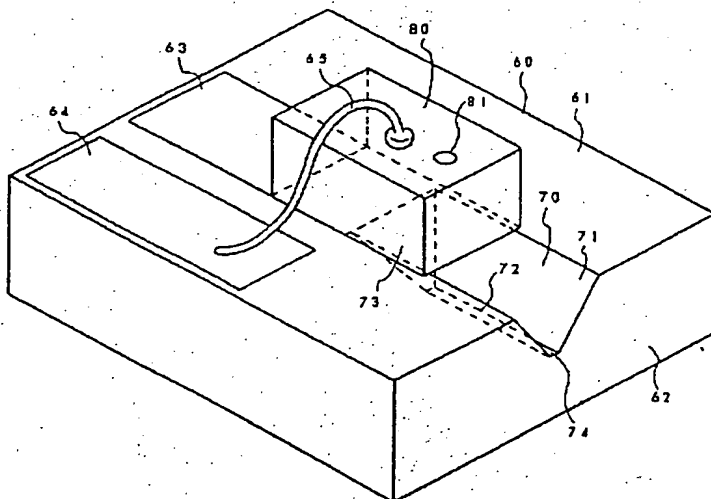


[図9]

図 9

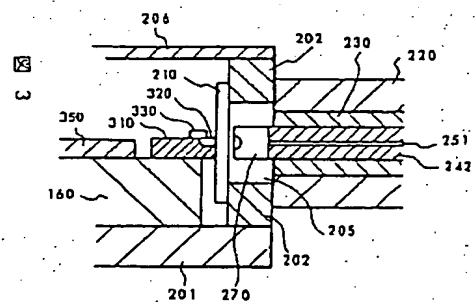


[図3]



[図10]

図 10



【図4】

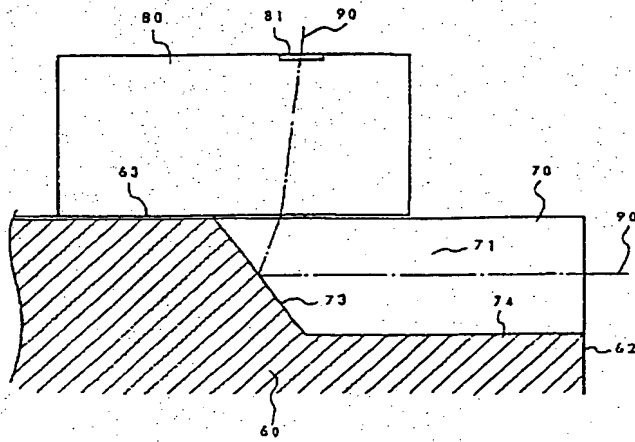


図 4

【図5】

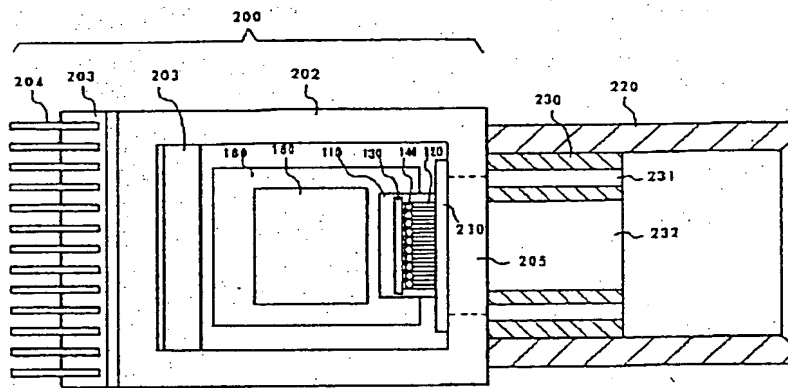


図 5

【図7】

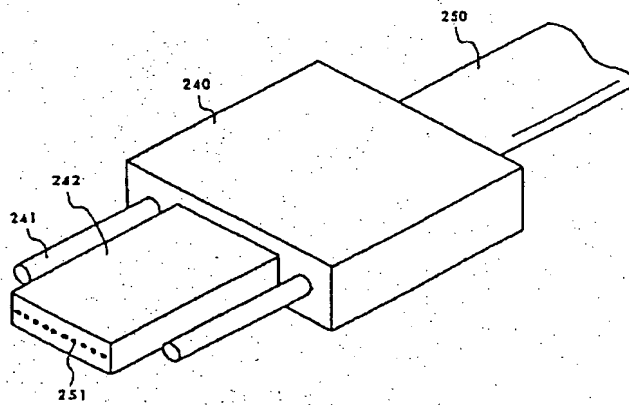


図 7